Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 14, No. 5, Dec- Jan 2019, p. 699-713

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد 14، شماره 5، آذر- دی 1397، ص. 713-699

تاثیر نوع بسته‌بندی بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و حسی مغز گردو طی مدت نگهداری آن

سمیه رستگار[1]- اعظم شجاعی[2]- بهجت تاج‌الدین[3*]

تاریخ دریافت: 1396/08/27
تاریخ پذیرش: 1397/04/03

چکیده

گردوی ایرانی به‌عنوان یک منبع طبیعی از ترکیبات زیست فعالی چون فنل و فلاونوئید، و دارا بودن مواد معدنی و اسیدهای چرب غیراشباع، نقش مهمی بر سلامت انسان دارد. اما به‌دلیل داشتن مقادیر زیادی روغن و امکان اکسایش آن، خیلی ســریع در اثر عوامل مختلف فاسد شده و کیفیت خود را از دست می‌دهد. از این رو، طی پژوهشی، تاثیر دما (4 و 25 درجه سلسیوس) و نوع بسته‌بندی (تحت خلا و حاوی هوا) بر تغییرات کمی و کیفی آن در مدت زمان شش ماه نگهداری ارزیابی گردید. میزان فنل، فلاونوئید، کربوهیدرات، پروتئین، درصدرطوبت، رنگ، خصوصیات حسی (ارگانولپتیکی) و عدد پراکسید در فاصله زمانی یک ماه اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد که مقدار کربوهیدارت و پروتئین مغز گردو طی نگهداری به تـدریج کـاهش یافت. خصوصیات حسی نیز طی نگهداری به‌ویژه اواخر دوره نگهداری در تمام شرایط اعمال شده به جز تیمار دمای 4 درجه و بسته‌بندی خلا، کاهش نشـان دادند. نمونه‌های شاهد (دمای 25 درجه سلسیوس و بسته‌بندی حاوی هوا) طی آزمایش در تمام فاکتورها نسبت به نمونه‌های تیمار شده کیفیت کمتری را به نمایش گذاشتند. نمونه‌های نگهداری شده در دمای پایین و بسته‌بندی تحت‌خلا دارای شدت روشنایی بهتری (مقادیر بالاتر کروما، هیو، شـاخص روشنایی (L) و شاخص سفیدی (Wi)) بودند. تیمارهای مورد استفاده نقش موثری در جلوگیری از افزایش عدد پراکسید نشان دادند. عدد پراکسید در بسته‌های معمولی از 0/023 به 0/68 میلی‌اکی‌والان بر کیلوگرم نمونه رسید درحالی که در بسته‌های تحت خلا از 0/023 به 0/37 میلی اکـی‌والان بـر کیلوگرم نمونه تغییر یافت. افزایش عدد پراکسید از 0/023 به 68/ 0 و از 0/023 به 0/25 میلی‌اکی‌والان بر کیلوگرم نمونه به‌ترتیب در دمای معمولی و دمای یخچال مشاهده شد. پس از شش ماه نگهداری متوسط سطح پراکسید در تمام نمونه‌ها کمتر از یک میلی‌اکی والان در کیلوگرم روغن بود. کاهش ترکیبات فنلی (30درصد) و فلاونوئیدی (35درصد) و افزایش اندیس پراکسید به‌طور هم‌زمان منجر به کاهش خصوصیات ظاهری و خواص ارگانولپتیکی در نمونه‌های شاهد شد.

واژه‌های کلیدی: اکسایش، بسته‌بندی، ترکیبات زیست فعال، عدد پراکسید، گردو

مقدمه

کشور ایران با این که یکی از عمده‌ترین کشورهای فعال در زمینه تولید و عرضـه خشـکبار در سـطح بـین‌المللـی اسـت ولـی بـا ورود کشورهای دیگر به این بازار و عرضه محصولاتی با کیفیت بـالاتر و بسته‌بندی بهتر سهم کشور ایران از بازار جهانی خشکبار به تدریج در حال کاهش است. نظر به اهمیت کیفیت محصولات صـادراتی بـرای موفقیت در جریان رقابت با محصولات کشـورهای دیگـر، بررسـی و توجه به دلایل افت کیفیت و در نتیجه کاهش سهم صادرات خشکبار ایران از بازار تجارت جهانی ضروری است. بـر اسـاس آمـار سـازمان خواربار جهانی[4] (Anon, 2011)، ایران پس از چین و آمریکـا در رده سوم تولید گردو قرار دارد؛ اما تنها نیم درصد از سهم تجارت جهـانی این محصول را در اختیار دارد. یکی از دلایل عمده این تضـاد، عـدم شناخت کافی از ترکیب شیمیایی مغز گردو و تأثیر این ترکیبـات بـر ماندگاری مغز گردو طی نگهداری است. این آگاهی نـه تنهـا از نظـر ارزیابی کیفیت تغذیـه‌ای و تجـاری آن اهمیـت دارد، بلکـه ضـرورت مصرف گردو را نیز آشکار می‌کند.

گـردو (*Juglans regia* L) از نظـر گیـاه‌شناسـی بـه خـانواده جاگلانداسـه[5] تعلـق داشـته و بـه دلیـل دارا بـودن اسـیدهای چـرب غیراشباع (اولئیک، لینولئیـک، و لینولنیـک)، پـروتئین، کربوهیـدرات، ویتامین‌ها و مواد معدنی برای سلامت انسان مهم است (Jensen *et al.*, 2003). سطح بالای اسیدهای چـرب غیراشـباع در مغـز گـردو،

1 و2- به‌ترتیب استادیار و دانشجوی کارشناسـی ارشـد، گـروه باغبـانی، دانشـکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران.
3-دانشیار، مهندسی بسته‌بندی، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی (ایری)- سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی (اریو)، کرج، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: b.tajeddin@areeo.ac.ir)

DOI: 10.22067/ifstrj.v14i5.68814

4 Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)
5 Juglandacea

نگهداری آن را بـا مشـکل مواجـه کـرده اسـت (تـاج‌الـدین، 1383). لیپوکسی‌ژناز، یکی از آنزیم‌های اصلی است که باعث تجزیه چربی‌ها و آزاد شدن رادیکال های آزاد می‌شـود (Piccirillo *et al*., 2004; Savage and McNeil, 2001). بررسی شاخص پراکسید اغلـب بـه عنوان شاخص کیفی گردو، و به‌عنوان مواد فرار و خـواص حسـی آن مهم است (Mitcham *et al*., 2004). مواد غذایی که حـاوی چربـی بالایی هســتند به نور حساس بوده و می‌توانند خیلی سریع اکسـیژن جذب کنند. به همین دلیل لازم است این مواد طوری بســته‌بنـدی شوند که نگهداری آن‌ها مشکلی برای مصرف کننده ایجاد نکند. بدین منظور بایستی فشار سطحی اکسـیژن داخـل بســته را بـه حـداقل رسـاند و یا نزدیک صفر نگه داشــت. بنابراین، تخلیـه اکسـیژن از بسته‌های موادغذایی یعنی استفاده از بسته‌بندی خلاء، ممکـن اسـت زمان ماندگاری یـا عمـر مفیـد گـردو را افـزایش دهـد (تـاج‌الـدین، 1383؛ Johnson and Decker, 2015; Zhi and Han ,2006). تحقیقات نشان داده است که دمای نگهداری نیز نقش مهی در حفظ کیفیت و ترکیبات مغز خشکبار دارد (Penter *et al*., 2014).

طی مطالعه‌ای، اثر دما و اتمسفر بسته‌بندی بـر میـزان ترکیبـات آنتی‌کسیدانی و رنگ گردو طی زمان نگهداری آن بررسی شد و نتایج نشان داد که دمای پایین و بسته‌بندی با گازهای نیتروژن یا دی‌اکسید کربن مانع از کاهش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و قهوه‌ای شدن می‌شـود (Christopoulos and Tsantili, 2011). در نگهداری پودر گردو در پنج دما و سه نوع بسته‌بندی متفاوت، گزارش شد که امکان نگهداری پودر گردو در ظروف پلاستیکی یا بسته‌های کاغذی به مدت 26 هفته در دمای3/3 درجه سلسیوس بدون تغییرات عمده در میزان رطوبت یا عدد پراکسید آن وجـود دارد (Vanhanen and Savage, 2006). در مطالعه‌ای دیگر، اثر بسته‌بندی و شرایط نگهداری بر کیفیت مغز گردو مورد ارزیابی قرار گرفت و مشخص شدکه مغز گردو قابلیت پـذیرش خود را در بسته‌بندی پلی‌اتیلن حاوی هوا، بسته‌بندی دولایه پلی‌اتیلن حاوی ازت و دو لایه پلی‌اتیلن/ اکسید سیلیس حاوی ازت، به ترتیـب به مدت 2، 4 تا 5 و 12 ماه در دمای 20 درجه سلسیوس حفظ می‌کند (Mexis *et al*., 2009). به‌طورکلی، کاهش غلظت گاز اکسـیژن بـا ایجاد خلاء یا افزودن گازهـای بـی اثـری چـون دی‌اکسـیدکربن یـا نیتروژن به اتمسفر نگهداری، روش معمول برای جلوگیری از فرآینـد اکسایش در مواد غذایی گوناگون است (Hotchkiss, 1988; Kacyn *et al*., 1983). به‌عنوان مثال، افزایش دی‌اکسید کربن در بسته‌بندی باعث کاهش عدد پراکسید در مقایسه باشاهد بوده و بهترین شـرایط برای نگهداری مغز تازه گردو، وجود 1/46 درصد اکسیژن، 10 درصد دی‌اکسید کربن داخل بسته در دمای 4 درجه سلسیوس گزارش شـده است (Javanmard, 2017).

به‌هر حـال، در حـال حاضـر در مـورد ترکیبـات آنتـی‌اکسـیدانی (ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی)، فعالیت آنزیمی و اکسایش چربی مغـز گردو طی نگهداری و تأثیر این عوامل بر خصوصیات حسی و ظاهری مغز گردو برای ژنوتیپ‌هـای ایرانـی، اطلاعـات جـامعی در دسـترس نیست. از این‌رو، در پژوهش حاضر امکان نگهداری مغز گردو (ژنوتیپ معمولی ایران) در بسته‌بندی تحت خلا در دو دمای محیط و یخچال به منظور حفظ شاخص‌های مختلف کمـی، کیفـی و حسـی آن طـی مدت شش ماه نگهداری مطالعه شد.

مواد و روش‌ها

گردوی ژنوتیپ معمولی (یکی از انواع گردو با بازارپسندی بالا) از باغی تجاری در منطقه‌ای کوهستانی (رابر- کرمان) با دست برداشت شد. مواد شیمیایی کلروفورم، استیک اسید، بی‌کربنات سـدیم، فـولین سیوکالچو[1]، اسیدسولفوریک، تریس[2]، کوماسی بریلیانت بلو جی250[3]، یدورپتاسیم، اسیدکلریدریک، و کلرید آلومینیوم نیـز از شـرکت مـرک آلمان تهیه شد.

آماده‌سازی و بسته‌بندی نمونه‌ها قبل از نگهداری

بلافاصله پس از برداشت گردو، پوسته سبز آن جـدا و بـه مـدت چهار روز در سایه و با گردش هوای طبیعـی خشـک گردیـد. سـپس گردوها به آزمایشگاه منتقل شده و با گردو شکن پوسته چوبی آن‌هـا جدا گردید. پس از آن، حدود 25 گرم از مغـز گـردو در فـیلم‌هـایی از جنس پلی‌اتیلن با ضخامت 87 میکرومتر (0/087 میلـی‌متـر)، تحـت دستگاه خلاء (GSM-DZ410-610) با سطح خلاء 5 درصد و هوای معمولی بسته‌بندی شد و در دو دمای 4 و 25 درجه سلسیوس به مدت شش ماه نگهداری گردید. طی مدت نگهداری، خصوصـیات مختلـف نمونه‌ها به شرح زیر، ماهانه ارزیابی گردید.

ارزیابی ویژگی‌های نمونه‌ها

درصد پروتئین

برای اندازه‌گیری غلظت پروتئین، ابتدا عصاره‌گیـری انجـام شـد. بدین منظور، نیم گرم نمونه در ازت مایع کاملا خرد شد و بـا اضـافه کردن بافراسـتخراج (61 /0 گـرم تـریس بـا 0/05گـرم پلـی‌وینیـل پیرولیدون (PVP) در40 میلی‌لیتر آب مقطر به‌خوبی حل شد، پـس از تنظیم در pH هشت با استفاده از اسیدکلریدریک، محلـول بـه حجـم نهایی50 میلی‌لیتر رسانده شد) به مدت 15 دقیقـه بـا دور 13 هـزار، سانتریفیوژ گردید. سپس، 20 میکرولیتر عصاره استخراج شـده داخـل لوله آزمایش ریخته و 80 میکرولیتر بافر اسـتخراج و پـنج میلـی‌لیتـر

1 Folin Ciocalteu
2 Tris(hydroxymethyl)aminomethane
3 Coomassie Brilliant Blue G-250

معرف کوماسی بلو تازه به آن افزوده و دو دقیقه همزده شد. سپس جذب آن با استفاده از دستگاه اسپکتوفتومتر (CECIL CE250، انگلستان) در طول موج 595 نانومتر قرائت گردید (Bradford, 1976).

کربوهیدرات

برای این کار، یک میلی‌لیتر از عصاره استخراج شده (0/5 گرم از نمونه پودر شده با 13 میلی‌لیتر اتانول 80 درصد به مدت 10 دقیقه در دور پنج هزار سانتریفوژ شد. سپس به محلول رویی آن، درون ارلن 25 میلی‌لیتری، مجددا 10-12 میلی‌لیتر اتانول 80 درصد اضافه شد و به مدت 10 دقیقه در دور پنج هزار سانتریفوژ گردید) همراه با 1 میلی‌لیتر محلول فنل 5 درصد (پنج گرم فنل در 100 میلی‌لیتر آب مقطر) و 5 میلی‌لیتر اسیدسولفوریک غلیظ، به درون لوله آزمایش منتقل و محلول ایجاد شده به مدت 30 ثانیه همزده شد. سپس لوله‌ها به آب یخ منتقل شده و مقدار جذب نوری با طول موج 490 نانومتر به‌وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد. از محلول گلوکز در غلظت‌های مختلف (صفر، 20 ،40، 60 ، 80 و 100 گرم گلوکز در 100گرم وزن تر) برای رسم منحنی استاندارد استفاده گردید (DuBois,1956).

درصد رطوبت

10 گرم از مغز گردو در آون با گردش هوای 60-50 درجه سلسیوس خشک شد. زمانی که وزن نمونه‌ها ثابت شد، میزان رطوبت با استفاده از فرمول 1، محاسبه و تعیین گردید (Christopoulos *et al*., 2010).

(1) 100 × [وزن اولیه/ (وزن نمونه بعد از آون–وزن اولیه)]= درصد رطوبت

رنگ

رنگ نمونه‌ها با استفاده از دستگاه رنگ‌سنج (CR 400، ژاپن) و بر اساس خصوصیات رنگی *L*،a و*b اندازه‌گیری شد. مقدار L*a*b با تبدیل شدن به زاویه h (Hue Angle) و c (Chroma) با توجه به روش McGuire (1992) مشخص شد. علاوه بر این، WI[1] یا شاخص سفید بودن با استفاده از روش زیر محاسبه گردید. مقادیر L بیانگر روشنی یا تیرگی رنگ است (صفر= سیاه و 100= سفید)، a^* بیانگر محوری است که از رنگ سبز (-a) به رنگ قرمز (+a) وb^* بیانگر محوری است که از رنگ آبی (-b) به زرد (+b) طی می کند.

$$WI=100-[(100L)^2 + a^2 + b^2] \quad (2)$$

$$Chroma= (a^2+ b^2)^{1/2} \quad (3)$$

$$Hue\ Angle= \tan^{-1}(b/a) \quad (4)$$

عدد پراکسید

اندازه‌گیری عدد پراکسید، براساس استاندارد AOAC[2] انجام گرفت (Horwitz *et al*., 1975). برای این کار، مقدار پنج گرم نمونه وزن و در هاون چینی کاملا ساییده شد. سپس، بلافاصله در ارلن مایر 250 میلی‌لیتری با 30 میلی‌لیتر حلال (مخلوط اسید استیک و کلروفرم به نسبت دو به یک) مخلوط گردید. بعد، حدود نیم میلی‌لیتر یدور پتاسیم به آن اضافه شد و مخلوط پس از یک دقیقه ساکن ماندن، گاه‌گاهی هم زده شد. سپس، 30 میلی‌لیتر آب مقطر و چند قطره چسب نشاسته به مخلوط اضافه گردید و با تیوسولفات 0/02 نرمال تیتر شد. تیتراسیون تا رسیدن به رنگ شفاف و روشنی ادامه یافت. سپس عددپراکسید از طریق فرمول زیر بر حسب میلی‌اکی والان بر کیلوگرم محاسبه شد.

(5) وزن نمونه / (1000× نرمالیته × حجم تیتراسیون مصرفی) = عدد پراکسید

فنل کل

طبق روش Shui و Leong (2002)، یک گرم از گوشت میوه با 10 میلی‌لیتر اتانول 50 درصد در هاون چینی هموژنیزه شد و پس از 30 دقیقه، با کاغذ صافی واتمن فیلتر گردید. عصاره الکلی مجددا توسط 10 میلی‌لیتر اتانول 50درصد رقیق شد. پس از آن 0/5 میلی‌لیتر از عصاره با 2/5 میلی‌لیتر فولین سیوکالچو رقیق شده (فولین 1:10) و دو میلی‌لیتر بی‌کربنات سدیم 7/5 درصد مخلوط گردید. نمونه‌ها در دمای20 درجه سلسیوس به مدت دو ساعت قرار گرفتند. سپس، جذب آن‌ها در طول موج 750 نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت شد. برای تهیه منحنی استاندارد، 0/5 میلی‌لیتر از محلول‌های اسیدگالیک با غلظت‌های (صفر، 5، 10، 15، 25، 40، 50، 60 و 100میلی‌گرم بر لیتر) برداشته و در طول موج 750 نانومتر قرائت شد. اعداد به‌صورت (میلی‌گرم اسیدگالیک در100 گرم بافت میوه) محاسبه گردید.

ترکیبات فلاونوئیدی

مقدار ترکیبات فلاونوئیدی با استفاده از روش رنگ‌سنجی کلرید آلومینیوم تعیین شد. 0/5 میلی‌لیتر عصاره (به روش فنل کل که در بالا ذکر شد)، 1/5 میلی‌لیتر اتانول 96 درصد، 0/1 میلی‌لیتر محلول 1 درصد کلرید آلومینیوم، 0/1 میلی‌لیتر محلول استات پتاسیم 1 مولار و 2/8 میلی‌لیتر آب مقطر اضافه شده و پس از 30 دقیقه نگهداری در دمای محیط، جذب نمونه‌ها در طول موج 415 نانومتر خوانده شد به

1 Whiteness index

2 Association of official analytical chemists

منظور رسم منحنی استاندارد، از کوئرستین استفاده شد و نتایج برحسب میلی‌گرم کوئرستین در هر گرم نمونه بیان گردید (Chen *et al.*, 2004).

خصوصیات حسی (ارگانولپتیکی)

ارزیابی حسی با استفاده از روش مقیاس هدونیک 5 نقطه‌ای (1=بد، 2= ضعیف، 3= متوسط، 4= خوب، 5= بسیار خوب) انجام شد. بدین ترتیب که هشت داور انتخاب شدند. به هر داور، 3 عدد مغزگردو از هر تیمار در ظروف شفاف بی‌رنگی داده شد که با کد سه رقمی تفکیک شده بودند. آب تازه نیز به‌منظور نوشیدن بین هر مرحله تشخیص در دسترس داوران قرار گرفت. داوران، ویژگی‌های عطر، طعم، بافت، تیزی وتلخی، ترشیدگی و پذیرش کلی مغز گردو ارزیابی کردند.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

داده‌ها بعد از جمع‌آوری در نرم‌افزار اکسل ثبت و مرتب گردید سپس از نرم‌افزار آماری SAS نسخه 9/4 برای تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح احتمال یک درصد استفاده شد. همچنین برای ترسیم شکل‌ها از نرم‌افزار اکسل 2010 استفاده گردید.

نتایج و بحث

طبق نتایج تجزیه واریانس (جدول 1)، تاثیر ساده تیمارها بر بیشتر صفات مورد بررسی در سطح اطمینان 99% (سطح احتمال 1%) معنی‌دار است. اما اثرات متقابل نوع بسته‌بندی، دما و زمان بر صفات مورد بررسی معنی‌دار نیست. اثرات متقابل دما و زمان برای عددپراکسید و میزان فنل در سطح احتمال 1% و اثرات متقابل زمان و بسته‌بندی برای میزان فنل در سطح احتمال 5% و عددپراکسید در سطح احتمال 1% معنی‌دار اما در سایر صفات معنی‌دار نبود. اثرات متقابل دما و نوع بسته‌بندی فقط در مورد عدد پراکسید در سطح احتمال 5% معنی‌دار شد.

جدول 1- میانگین مربعات تاثیر بسته‌بندی و شرایط نگهداری بر ویژگی‌های کمی و کیفی مغز گردو

منابع تغییرات	فنل (میلی‌گرم گالیک اسید بر گرم وزن تر)	ترکیبات فلاونوئیدی (میلی‌گرم کوئرستین برگرم وزن تر)	L	Hue	Wi	عدد پراکسید (میلی‌اکی والان بر کیلوگرم)	کروما	رطوبت (درصد)	پروتئین (گرم بر 100گرم وزن تر)	کربوهیدرات (گرم گلوکز بر 100گرم وزن تر)
پوشش(P)	34/6**	0/3^{ns}	3/738^{ns}	3/226^{ns}	3/51^{ns}	/07**	^{ns}6/05	^{ns}/042	14/98*	8/437*
دما (TE)	52/6**	1/5*	21/28*	14/1**	10/2*	/58**	*10/63	/18^{ns}	26/91**	31/93**
زمان (TI)	31/5**	3/7**	5/4^{ns}	3/576^{ns}	4/96^{ns}	/26**	*5/74	/034^{ns}	13/62**	15/32**
P*TE	0/02^{ns}	0/11^{ns}	1/07^{ns}	1/773^{ns}	2/20^{ns}	/019*	^{ns}0/10	/02^{ns}	0/03^{ns}	2/33^{ns}
P*TI	3/7*	0/14^{ns}	/537^{ns}	/597^{ns}	/74^{ns}	/013*	^{ns}0/38	/017^{ns}	1/933^{ns}	^{ns}/900
TE*TI	5/8**	0/5^{ns}	1/828^{ns}	1/68^{ns}	2/0^{ns}	/058**	^{ns}0/48	/016^{ns}	2/411^{ns}	4/13^{ns}
P*TE *TI	0/3^{ns}	0/09^{ns}	/176^{ns}	/272^{ns}	/45^{ns}	/011^{ns}	^{ns}1/06	0/005^{ns}	0/629^{ns}	0/40^{ns}
خطای‌آزمایش	1/22	0/1	9/741	1/82	3/14	/0049	2/28	0/53	3/149	2/277
ضریب تغییرات	6/68	26/9	5/892	1/755	5/05	26/21	5/11	27/1	9/66	7/68

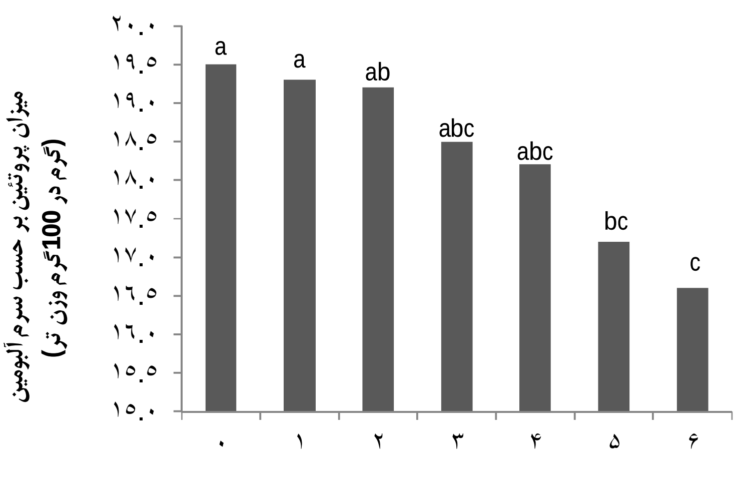
**: اختلاف بین تیمارهادر هر ستون در سطح احتمال 1درصد (سطح اطمینان 99درصد) معنی‌دار است. *: اختلاف بین تیمارها در هر ستون در سطح احتمال 5درصد (سطح اطمینان 95درصد) معنی‌دار است. ns: اختلاف معنی‌داری بین تیمارها وجود ندارد.

با توجه به جدول 1، نتایج مربوط به هریک از ویژگی‌های مورد ارزیابی، به تفکیک در زیر بحث می‌شود.

پروتئین

روز صفر نگهداری، غلظت پروتئین مغز گردو 19/5 گرم در 100 گرم وزن تر بر حسب سرم آلبومین (BSAL) بود. همان‌طور که در شکل1 مشخص است، سطح پروتئین کل به‌تدریج با افزایش زمان نگهداری، روند کاهشی نشان داد. به‌طوری‌که در تمامی تیمارها، محتوای پروتئین در فاصله اولیه نمونه‌برداری بیشترین مقدار و در آخرین زمان نمونه‌برداری‌کاهش نشان دادند. اما این کاهش در شرایط نگهداری مختلف متفاوت بود. طبق داده‌های جدول 2، نمونه‌های تحت تیمار 4 درجه سلسیوس و بسته‌بندی خلاء بالاترین مقدار پروتئین را طی دوره آزمایش حفظ کردند. میزان پروتئین در ژنوتیپ گردوی مورد نظر بیشتر از نتایج گزارش شده با میزان 13 و 14/63

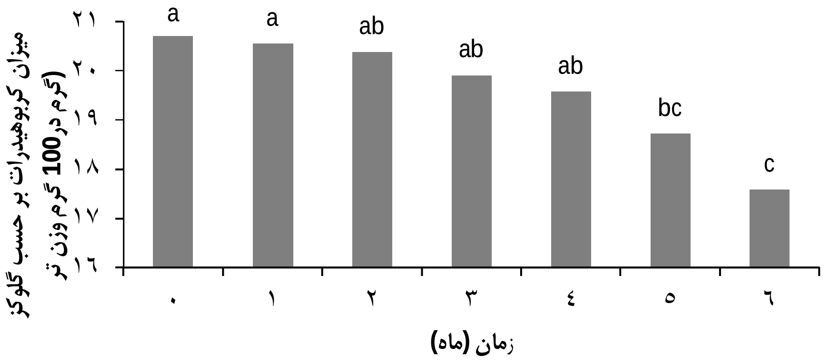
درصد توسط Necla (2003)، و میزان 17/66درصد گزارش شده توسط Mao و همکاران (2014) است که این تفاوت می‌تواند به نوع رقم و شرایط اقلیمی مرتبط باشد. پروتئین‌های گیاهی نقش قابل توجهی در تغذیه انسان دارند و دانه‌های روغنی از منابع با ارزش چربی‌ها و پروتئین‌ها هستند. گردو منبع خوبی از پروتئین با کیفیت بالا و حاوی 18تا 24% پروتئین بر اساس وزن خشک است (Sze-Tao *et al.*, 2000). به هر حال، در مورد روند و میزان تغییر پروتئین مغز گردو طی نگهداری اطلاعات جامعی در دسترس نیست اما به دلیل اهمیتی که این ترکیبات در ارزش غذایی مغز گردو طی نگهداری دارند، بررسی میزان پروتئین و روند تغییرات این ویژگی در ارقام مختلف مهم است. نتایج حاصل از این پژوهش نیز نشان داد که میزان پروتئین طی نگهداری کاهش می‌یابد، اما این کاهش بسته به شرایط و زمان نگهداری متفاوت است. از این نظر که در هر زمان نمونه‌برداری کاهش معنی داری نسبت زمان قبل مشاهده شد اما این کاهش در دمای 4 درجه سلسیوس و بسته‌بندی خلا محدود و در پایان دوره شش ماه سطح بالاتری از پروتئین را نسبت به شاهد ارائه کردند.



شکل 1- اثر ساده زمان بر مقدار پروتئین مغز گردو طی شش ماه نگهداری.
حروف مشابه نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال 1درصد است.

کربوهیدرات

مقدار کربوهیدرات در روز صفر نگهداری، 20/7 گرم بر 100گرم وزن تر برحسب گلوکز بود. طی نگهداری غلظت کربوهیدرات با الگویی تقریبا مشابه پروتئین به‌تدریج کاهش یافت طوری که در اواخر دوره نگهداری کاهش محتوای کربوهیدرات قابل توجه است (شکل2). اثر ساده تیمارها نشان می‌دهد نمونه‌هایی که طی مدت زمان نگهداری تحت شرایط دمای محیط و بسته‌بندی با اتمسفر هوا قرار گرفتند تقریبا کربوهیدرات اولیه خود را از دست داده و مقدارکربوهیدرات در پایان آزمایش برای هر یک از این شرایط به‌ترتیب برابر با 19 و 19/3 گرم در 100گرم وزن تر بر حسب گلوکز بود. در صورتی‌که نگهداری نمونه‌ها در بسته‌های حاوی اکسیژن کم و در دمای پایین، کاهش کربوهیدرات را محدود کرده است که به‌ترتیب برابر با 20 و 20/3 گرم در 100گرم وزن تر است (جدول 2). داده‌های حاصل از این پژوهش در دامنه داده‌های دیگر ژنوتیپ‌های گردوی ایرانی می‌باشد. حمیدی و همکاران (1394) در بررسی چند ژنوتیپ گردوی محلی ایران با رنگ‌های مختلف مغز، میزان کربوهیدرات را بین 23 تا 11/23 درصد بیان کردند. گردو خشک معمولا برای زمان طولانی نگهداری می‌شود و گزارش شده است که باید در دمای کمتر از 10 درجه سلسیوس قرار گیرد (Kader and Tampson, 2002). با این حال طی نگهداری و با انتقال به محل بازار اغلب در معرض دمای محیط قرار می‌گیرند. دما و در دسترس بودن اکسیژن، از مهم‌ترین عوامل بیرونی هستند که کیفیت پس از برداشت آجیل‌ها را طی نگهداری تحت تأثیر قرار می‌دهند. همچنین مطالعات انجام شده در بادام‌زمینی نشان می‌دهد نمونه‌های نگهداری شده در دمای20 درجه سلسیوس نسبت به نمونه‌های نگهداری شده در دمای 35 درجه سلسیوس کیفیت خود را بهتر حفظ کردند (Talcott *et al.*, 2005).



شکل 2- اثر ساده زمان بر مقدار کربوهیدرات مغز گردو طی شش ماه نگهداری

حروف مشابه نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال 1درصد است.

رطوبت

بر اساس نتایج تجزیه واریانس (جدول 1)، تیمارهای مختلف دما، نوع بسته‌بندی و مدت زمان نگهداری تاثیر معنی‌داری بر محتوی رطوبت مغز گردو نداشتند. مطابق جدول 2، در بررسی تغییرات کیفیت مغز گردو تفاوت معنی‌داری بین درصد رطوبت نمونه‌های بسته‌بندی تحت خلا و دمای پایین و نمونه‌های بسته‌بندی هوا و دمای محیط مشاهده نشد. یافته‌های حاصل از این پژوهش با مطالعات دیگر محققان مطابقت دارد. در تحقیقی روی مغز فندق نشان داده شد که طی 8 و 12 ماه نگهداری در یخچال، کاهش معنی‌داری در میزان رطوبت نمونه‌های بسته‌بندی شده تحت هوا و نمونه‌های تحت اتمسفر تغییر یافته (99 درصد ازت) مشاهده نشد (Ghirardello *et al.*, 2013). در بررسی تغییرات درصد رطوبت مغز گردو از ابتدا تا پایان نگهداری به مدت 12 ماه، تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. این امر احتمالا به دلیل تغییرات کم رطوبت محیط نگهداری (45-35 درصد) و درصد بالای چربی در مغز گردو بوده است (Hosseini *et al.*, 2012).

جدول 2- اثر ساده تیمارهای بسته‌بندی و دمای نگهداری بر برخی از صفات مغز گردو

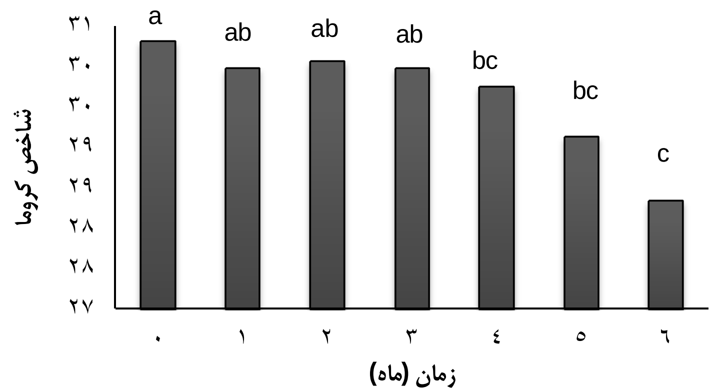
تیمار	کربوهیدرات	پروتئین	رطوبت	ترکیبات فلاونوئیدی	رنگ			
	(گرم گلوکز بر 100گرم وزن تر)	(گرم سرم آلبومین بر 100گرم وزن تر)	(درصد)	(میلی‌گرم کوئرستین بر گرم وزن تر)	کروما	شاخص سفیدی (Wi)	هیو (Hue)	میزان روشنایی (L)
بسته‌بندی خلاء	a19/95	a18/73	a2/67	a1/24	a29/79	a44/32	a77/09	a53/18
بسته‌بندی هوا	b19/31	a17/93	a2/71	a1/12	b29/26	a43/91	a76/70	a52/75
دمای 4°C	a20/25	a18/95	a2/65	a1/32	a29/88	a44/46	a77/30	a53/54
دمای 25°C	b19/01	b17/71	a2/74	b1/04	b29/17	b43/50	b76/48	b52/25

حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد بین تیمارها است

رنگ

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، اثر دما و زمان بر شاخص کروما معنی‌دار شد درحالی که از بین تیمارهای مختلف فقط دما بر فاکتورهای دیگر رنگ (L ,Wi) معنی‌دار شد (جدول1). شاخص کروما همزمان با گذشت زمان کاهش یافت. بیشترین کروما در زمان برداشت (30/31) و کمترین آن بعد از شش ماه نگهداری (28/33) مشاهده شد. تفاوت معنی‌داری در فاصله اولیه انبارمانی تا ماه پنجم و ششم نگهداری مشاهده نشد (شکل 3). شدت کروما در دمای 4 درجه سلسیوس، مقدار 29/9 است که به‌طور معنی‌داری بالاتر از مقدار آن در دمای 25 درجه سلسیوس (29/2) می‌باشد. شاخص‌های (L, Wi) نیز در دمای 4 درجه تفاوت معنی‌داری با نمونه‌های نگهداری شده در دمای 25 درجه نشان دادند. گزارش شده است که نگهداری گردو در

شرایط بسته‌بندی 100 درصد ازت و در دمای پایین نقش معنی‌داری در حفظ پارامترهای رنگ (L, hue) داشته است اما پارامتر کروما فقط تحت تاثیر دما قرار گرفته است و شرایط بسته‌بندی تاثیر معنی‌داری بر میزان آن نداشته است (Christopoulos *et al*., 2010). به‌طور کلی رنگ مغز گردو مطابق استاندارد (Anon, 1997)، به‌صورت بسیار روشن، روشن، کهربایی روشن، و کهربایی دسته‌بندی شده است (افکاری سیاح و همکاران، 1395). در این آزمایش مقدار هیو نزدیک به 80 بود که نشان‌دهنده رنگ زرد می باشد. مقادیر L قبل و بعد از نگه‌داری بالاتر از 40 بود و این امر نشان‌دهنده کیفیت خوب رنگ گردو با توجه به استاندارد صنعت گردو است (Wang *et al*., 2007). عمدتا قهوه‌ای شدن مغز گردو محصول فعالیت آنزیمی یا اکسیداسیون شیمیایی ترکیبات فنلی است (Manzocco *et al*., 2000). در واقع در کار حاضر، پایین‌ترین مقدار L, Hue و Wi در نمونه‌های تحت شرایط دمای محیط و بسته‌بندی حاوی هوا که بالاترین ضایعات را در فنل و فلاونوئید به‌همراه داشت، دیده شد.

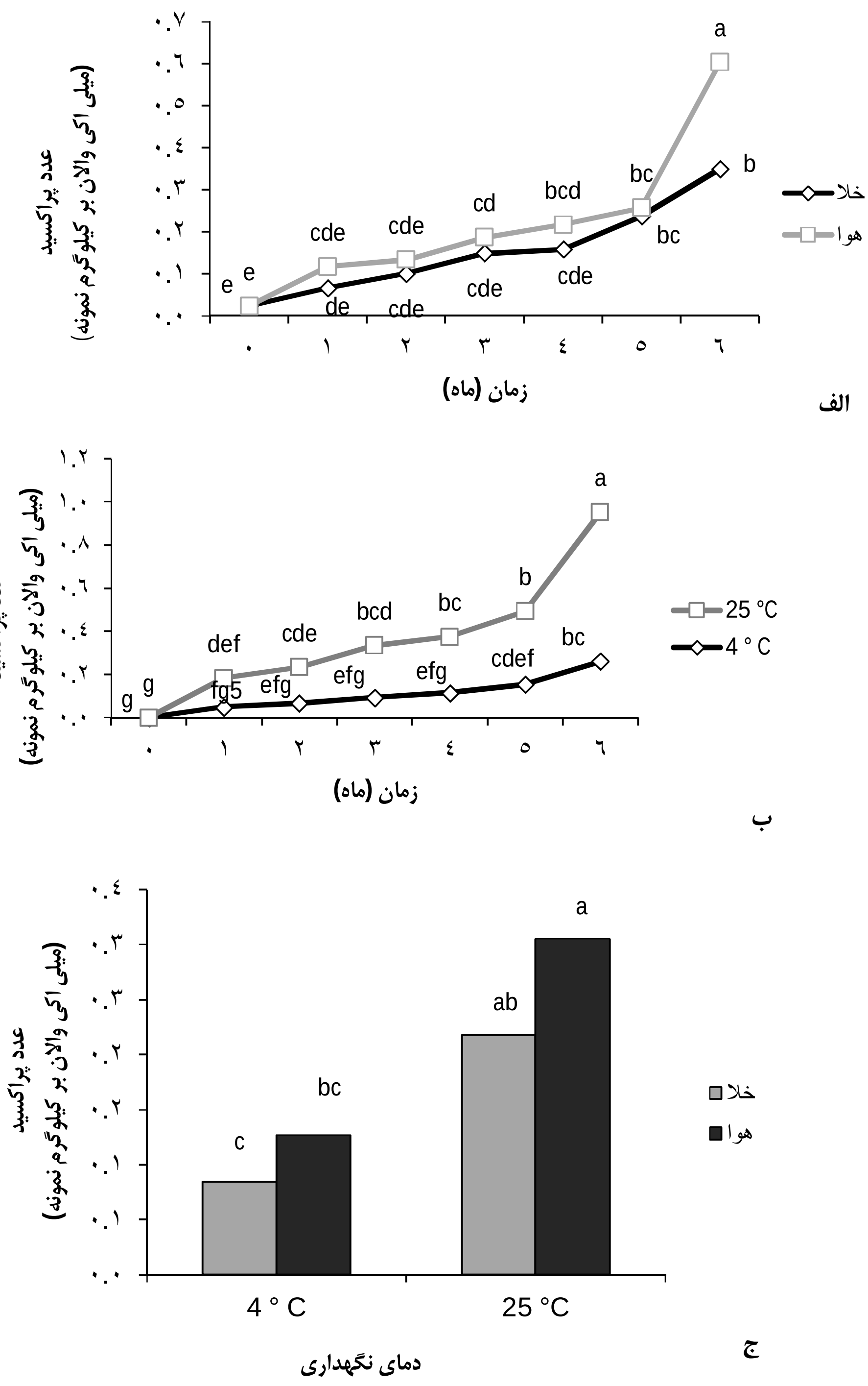


شکل 3- روند تغییر کروما طی نگهداری مغز گردو.

حروف مشابه ستون‌ها نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار در سطح یک درصد است.

عدد پراکسید

بر اساس جدول تجزیه واریانس اثرات متقابل دوگانه تیمارهای مورد استفاده بر عدد پراکسید معنی‌دار شد (جدول1). همان‌طور که در شکل 4 الف مشاهده می‌شود طی مدت زمان نگهداری مغز گردو عدد پراکسید تا ماه پنجم نگهداری به تدریج افزایش می‌یابد از آن به بعد شدت افزایش تسریع می‌شود. در تمام مدت زمان نگهداری عدد پراکسید در نمونه‌های بسته‌بندی شده تحت خلا در سطح پایین‌تری نسبت به بسته‌بندی تحت هوا داشتند. به‌طوری‌که در پایان آزمایش اندیس پراکسید در بسته‌های تحت خلا (0/3 میلی‌اکی‌والان بر کیلوگرم) نصف عدد پراکسید در بسته‌های تحت هوا (0/6 میلی اکی‌والان بر کیلوگرم) بود. عدد پراکسید در دمای 25 درجه سلسیوس در مدت انبارمانی به‌طور معنی‌داری بالاتر از عدد پراکسید در دمای 4 درجه سلسیوس بود (شکل 4 ب). بر اساس (شکل 1 ج) عدد پراکسید در بسته‌های تحت خلا در دمای 4 درجه سلسیوس تفاوت معنی‌داری نسبت به بسته‌های تحت خلا در دمای 25 درجه سلسیوس نشان دادند. ترکیبات عمدهٔ گردو را تری گلیسریدها تشکیل می‌دهند که در آن اسیدهای چرب تک غیراشباع (اسیداولئیک) و اسیدهای چرب چند غیراشباعی (اسید آلفالینولنیک و اسید لینولئیک) در مقادیر بالا حضور دارند. اکسیداسیون چربی‌ها باعث مزه و طعم نامطلوب و کاهش ارزش غذایی خشکبار می‌شود. متداول‌ترین نشانگر تندی اکسیداسیونی در خشکبار، عدد پراکسید است. اکسیداسیون یکی از عوامل فساد مواد غذایی است که در نتیجه آن، پراکسید تولید می‌شود. پراکسید تولیدی، با شاخص عدد پراکسید قابل سنجش است و بیشتر در اسیدهای چرب غیراشباع رخ می‌دهد (Vasudevan *et al*, 2014). به دلیل اهمیتی که اکسیداسیون چربی‌ها در ایجاد بد طعمی مواد غذایی دارد، سنجش این فاکتور دارای اهمیت می‌باشد. در تحقیق حاضر، عدد پراکسید در مغز گردو با گذشت زمان افزایش یافت اما در نمونه‌های بسته‌بندی تحت خلا و در دمای یخچال تغییر کمتری را نشان داد. این مسئله می‌تواند بیانگر این باشد که با کاهش دما و کاهش اکسیژن، تغییرات اکسایشی مغز گردو کاهش می‌یابد. اندیس پراکسید بالا شاخص فساد چربی است. پراکسیدها قادرند به‌طور برگشت‌ناپذیر موجب تخریب پروتئین‌های سلولی شوند. ایجاد پراکسید در مراحل اولیه بسیار کند صورت می‌گیرد و این مرحله بر حسب نوع روغن، شرایط نگهداری آن، درجه حرارت و اتمسفر محیط ممکن است از چند هفته تا چند ماه متغییر باشد، پس از آن ایجاد پراکسید تسریع شده و خود به‌عنوان کاتالیزور در تسریع اکسیداسیون روغن شرکت می‌کند.



شکل 4- الف: مقایسه محیط بسته‌بندی بر سطح پراکسید طی مدت نگهداری. ب: تأثیر دما بر سطح پراکسید طی مدت نگهداری. ج: اثر متقابل دما و محیط بسته‌بندی درکاهش اندیس پراکسید.

حروف مشابه نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار بین تیمارها در سطح یک درصد است.

Raisi و همکاران (2015) در بررسی تاثیر نوع اتمسفر بسته‌بندی (هوای معمولی، خلا و CO_2) و دما (یخچال و دمای محیط) بر شدت اکسیداسیون مغز بادام رقم مامایی در مدت ده ماه نگهداری، گزارش کردند که عدد پراکسید در تمام شرایط با گذشت زمان افزایش یافت. اما نمونه‌های نگهداری شده در بسته‌بندی تحت خلا در دمای 4 درجه سلسیوس پایداری بیشتری در عدد پراکسید نسبت به دیگر تیمارها نشان دادند و تفاوت معنی داری بین عدد پراکسید در پایان و ابتدای انبارمانی در این تیمارها مشاهده نشد. Jensen و همکاران (2003) گزارش کردند که افزایش درجه حرارت و افزایش اکسیژن، حساسیت محصولات را از نظر اکسیداسیون چربی (ترشیدگی و تولید مواد فرار) و ویژگی¬های حسی افزایش می¬دهد. Hosseini و همکاران (2012) تیمارهای سطح تماس با اتمسفر و دمای نگهداری را بر پایداری اکسایشی گردو طی 8، 10 و 12 ماه بررسی کردند. آن¬ها گزارش کردند که شرایط نگهداری و مدت زمان نگهداری بر پایداری اکسایشی گردوها به‌طور معنی‌داری موثر است

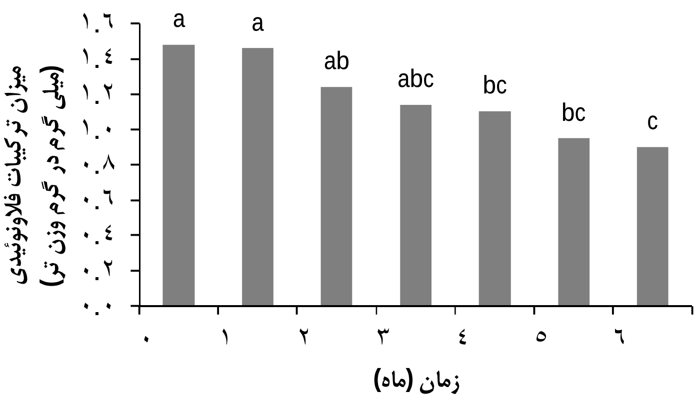
ترکیبات فلاونوئیدی و فنلی

طبق نتایج حاصل، قبل از نگهداری غلظت ترکیبات فلاونوئیدی 1/48 میلی‌گرم کوئرسیتین بود. میزان فلاونوئید کل به تدریج با افزایش زمان نگه‌داری در همه تیمارها روند کاهشی نشان داد (شکل5). به‌طوری‌که در پایان شش ماه تقریبا 39 درصد اولیه ترکیبات فلاونوئیدی کاهش یافت. محتوای ترکیبات فلاونوئیدی تحت شرایط نگهداری در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌داری نشان داد. اثر ساده تیمارها در جدول2 نشان می‌دهد که در شرایط خلاء و دمای 4 درجه سلسیوس ترکیبات فلاونوئیدی کاهش چشمگیری نشان نداد. در واقع اثرات مثبت دمای پایین و بسته‌بندی تحت خلا از افزایش خسارت ممانعت کرد و باعث حفظ کیفییت نمونه‌ها شد. واکنش فولین سیوکالچو به‌طور گسترده‌ای برای تخمین محتوای فنل کل در غذاهای گیاهی، از جمله آجیل‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. در آزمایش حاضر قبل از بسته‌بندی، غلظت فنل حدود 18/18 میلی‌گرم گالیک اسید بود. که طی آزمایش با الگویی تقریبا مشابه ترکیبات فلاونوئیدی، به‌تدریج با گذشت زمان کاهش یافته است (شکل6). در هر زمان نمونه‌برداری، بالاترین کاهش ترکیبات فنلی در درجه حرارت بالاتر مشاهده شد. در واقع دما پایین و کاهش اکسیژن مانع کاهش محتوای فنلی شد (شکل 6 الف- ب). بنابراین میزان ترکیبات فلاونوئیدی و فنلی طی دوره شش ماهه به‌تدریج کاهش یافت اما در شرایط مختلف اعمال شده این افت کیفیت متفاوت بود. ترکیبات فلاونوئیدی و فنلی یک خانواده بزرگ از ترکیبات آنتی‌اکسیدانی هستند که نقش مؤثری در ارزش غذایی خشکبارها دارند. با این وجود در مورد نوع و میزان ترکیبات فلاونوئیدی خشکبارها اطلاعات کاملی در دسترس نیست. به‌طورکلی طی نگهداری، آنتی‌اکسیدان‌ها به‌ویژه ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی مستعد اکسیداسیون و در نتیجه کاهش ارزش تغذیه‌ای هستند که داده‌های این پژوهش نیز مبین این اطلاعات است. در گردو ترکیبات فنلی، ترکیبات منحصربه فردی هستند که در هر رقم با مقادیر مختلف بیان شده است (Colaric *et al.*, 2005) همچنین میزان ترکیبات فنلی در پاسخ به شرایط نگهداری ممکن است متفاوت باشد به‌عنوان مثال، Christopoulos و همکاران (2010) در مورد گردو، و Talcott و همکاران (2005) در مورد بادام‌زمینی به این نتیجه رسیدند که شرایط نگهداری، میزان ترکیبات فنلی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. Bakkalbasi و همکاران (2013) در بررسی چند رقم گردو نیز نشان دادند که میزان فنل کل در مدت زمان یک سال انبارمانی مغز گردو بطور معنی‌داری کاهش یافت. در حالی‌که ممکن است برخی از فنولیک اسیدها کاهش اندکی داشته باشند در تحقیق حاضر، مهار کاهش ترکیبات فنلی تا 5 ماه در شرایط خلا و دمای 4 درجه سلسیوس قابل توجه بود. ممانعت از کاهش فنل را می‌توان به محدودیت واکنش‌های اکسیداسیون توسط درجه حرارت کم و یا در دسترس بودن اکسیژن کم نسبت داد، زیرا ترکیبات فنلی مستعد ابتلا به اکسیداسیون مواد شیمیایی و یا آنزیمی هستند (Manzocco *et al.*, 2000). در نتیجه، از دست رفتن ترکیبات فنلی بالاتر در درجه حرارت بالا نه تنها به اثر مستقیم دما بر اکسیداسیون فنلی، بلکه می‌تواند به اثر غیرمستقیم آن از طریق افزایش غلظت اکسیژن در کیسه‌های ذخیره شده در دمای بالاتر نیز نسبت داده شود. داده‌های این پژوهش نشان داد دمای پایین و کاهش دسترسی به اکسیژن، نقش زیادی در حفظ کیفیت و ترکیبات آنتی‌اکسیدانی (ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی) نمونه‌های نگهداری شده طی شش ماه دارد.

خصوصیات ارگانولپتیکی

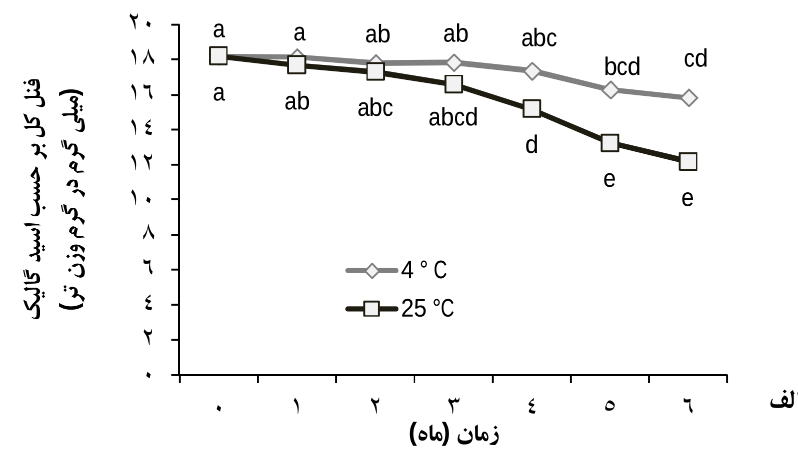
علاوه بر پارامترهای رنگی، سایر ویژگی¬های حسی مانند عطر و طعم، بو، بافت و ترشیدگی آن در میزان پذیرش محصول توسط مصرف‌کننده مؤثر است. بنابراین، ارزیابی حسی نمونه‌ها برای رسیدن به هدف فوق، ضرورت دارد.نتایج پژوهش نشان داد زمان و شرایط نگه‌داری تأثیر معنی‌داری بر ویژگی‌های ارگانولپتیکی مغز میوه گردو دارد (جدول 3). شرایط دمایی و نوع بسته¬بندی مختلف، متفاوت است. همان‌طور که مشاهده می‌شود خصوصیات ارگانولپتیکی مغز گردو در اواخر دوره نگه داری کاهش میابد. اما رابطه دو طرفه دما و بسته‌بندی بیان‌گر نقش مؤثر دمای پایین و کاهش اکسیژن بر حفظ ویژگی‌های حسی مغز میوه گردو است. طبق نتایج به‌دست آمده، تمام خصوصیات ارگانولپتیکی در نمونه¬های نگهداری شده در شرایط دمای 4 درجه سلسیوس و بسته¬بندی خلا تا پایان دوره این تحقیق کیفیت خود را حفظ کرده است در صورتی¬که نمونه¬های شاهد

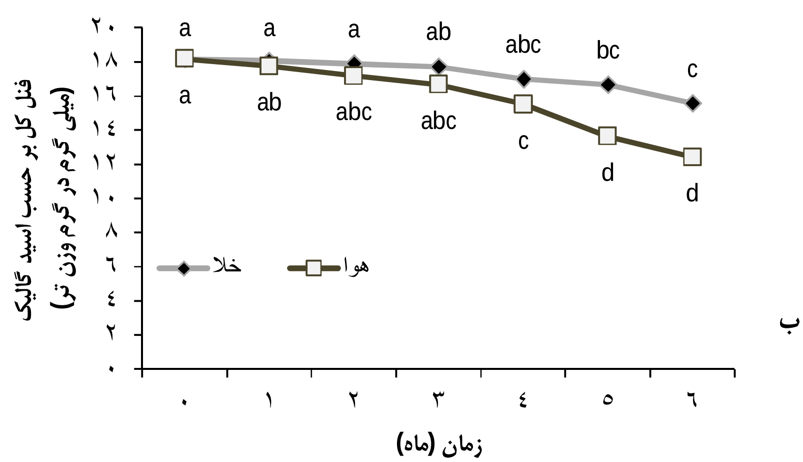
(دمای محیط و بست حاوی هوا) بـه ویـژه در اواخـر آزمـون کـاهش معنی¬داری را نشان می‌دهند.



شکل 5- تغییرات میزان ترکیبات فلاونوئیدی مغز گردو طی مدت نگهداری

حروف مشابه ستون‌ها نشان دهنده عدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد طی مدت نگهداری است.





شکل 6- الف: تأثیر دما بر محتوای ترکیبات فنلی طی مدت نگهداری. ب: تأثیر محیط بسته‌بندی بر محتوای ترکیبات فنلی طی مدت نگهداری.

حروف مشابه نمودارها نشان دهنده عدم تفاوت معنی‌دار بین تیمارها طی زمان، در سطح احتمال یک درصد است.

طبق نتایج تغییر ویژگی‌های حسی (طعم، بافت، عطر، تیزی و تلخی، ترشیدگی و پذیرش کلی) مغز گردو طی شش ماه نگهداری در نتایج به‌دست آمده با نتایج سایر محققین مطابقت دارد. Young و Cunningham(1991)، با استفاده از ارزیابی حسی متوجه شدند که بادام، Macadamia و پسته بعد از 6-9 ماه نگهداری در 38 درجه سلسیوس و فندق، بادام زمینی و گردو تنها بعد از 2-5 ماه نگهداری در 38 درجه سلسیوس قابل پذیرش هستند. Jensen و همکاران (2003) گزارش کردند که افزایش درجه حرارت و افزایش اکسیژن، حساسیت محصولات را از نظر اکسیداسیون چربی (ترشیدگی و تولید مواد فرار) و ویژگی‌های حسی افزایش می‌دهد. زیرا ترکیبات حاصل از اکسیداسیون بر طعم روغن‌ها اثر می‌گذارد و چنانچه اکسیداسیون در سطح پیشرفته‌ای صورت گرفته باشد آن‌ها را غیرقابل مصرف می‌کند. (فاطمی، 1395).

جدول 3- تأثیر دما، زمان و بسته‌بندی بر ویژگی‌های حسی (عطر، طعم، ترشیدگی، تیزی و تلخی، بافت و پذیرش کلی) مغز گردو طی مدت نگهداری

ویژگی	دما (°C)	بسته‌بندی	زمان (ماه)						
			0	1	2	3	4	5	6
عطر	4	خلاء	5^{a}	5^{a}	5^{a}	5^{a}	5^{a}	5^{a}	5^{a}
		هوا	5^{a}	5^{a}	5^{a}	5^{a}	$4/8^{a}$	$4/8^{a}$	$4/1^{b}$
	25	خلاء	5^{a}	5^{a}	5^{a}	5^{a}	$4/8^{a}$	$4/8^{a}$	$4/8^{a}$
		هوا	5^{a}	5^{a}	5^{a}	$4/6^{a}$	4^{bc}	4^{bc}	$3/6^{c}$
طعم	4	خلاء	5^{a}	5^{a}	5^{a}	5^{a}	5^{a}	5^{a}	5^{a}
		هوا	5^{a}	5^{a}	5^{a}	5^{a}	5^{a}	5^{a}	$4/5^{bc}$
	25	خلا	5^{a}	5^{a}	5^{a}	5^{a}	5^{a}	5^{a}	$4/3^{bc}$
		هوا	5^{a}	5^{a}	5^{a}	$4/6^{ab}$	$4/1^{b}$	$3/6^{d}$	$3/1^{e}$
ترشیدگی	4	خلاء	5^{a}	5^{a}	5^{a}	5^{a}	5^{a}	5^{a}	5^{a}
		هوا	5^{a}	5^{a}	5^{a}	5^{a}	5^{a}	5^{a}	$4/5^{b}$
	25	خلاء	5^{a}	5^{a}	5^{a}	5^{a}	5^{a}	5^{a}	$4/5^{b}$
		هوا	5^{a}	5^{a}	5^{a}	5^{a}	4^{c}	4^{c}	$3/8^{c}$
تیزی و تلخی	4	خلاء	5^{a}	5^{a}	5^{a}	5^{a}	5^{a}	5^{a}	5^{a}
		هوا	5^{a}	5^{a}	5^{a}	5^{a}	$4/5^{ab}$	$4/5^{ab}$	$4/1^{bc}$
	25	خلاء	5^{a}	5^{a}	5^{a}	5^{a}	$4/5^{ab}$	$4/5^{ab}$	$4/1^{bc}$
		هوا	5^{a}	5^{a}	5^{a}	5^{a}	4^{cd}	$3/6^{d}$	3^{e}

حروف مشابه در ردیف‌های هر فاکتور نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین تیمارها (بسته‌بندی، دما و زمان نگهداری) در سطح یک درصد است.

نتیجه‌گیری

کاهش دما و اکسیژن محیط نگهداری در جلوگیری از اکسیداسیون چربی‌ها، کاهش ترکیبات فنلی و تغییر عطر و طعم گردو (ژنوتیپ محلی) نقش موثری داشته است. به‌طوری که در نمونه‌های شاهد کاهش ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی و افزایش اندیس پراکسید به طور همزمان منجر به کاهش خصوصیات ظاهری و خواص ارگانولپتیکی شد. به‌نظر می‌رسد افزایش اکسیداسیون چربی، و فنلی در درجه حرارت بالا و غلظت اکسیژن بالا مسئول کاهش کیفیت حسی نمونه‌ها است. این موضوع، تحقیق بیشتر در مورد نوع، میزان و روند تغییر ترکیبات مغز گردو و همچنین رابطه این ترکیبات در ماندگاری و حفظ کیفیت مغز گردو را طی نگه‌داری در ژنوتیپ‌ها و یا ارقام دیگر گردو ایجاب می‌کند، نظر به این‌که مغز گردو یکی از بهترین، و پرانرژی‌ترین مغزهای خوراکی به‌شمار می‌آید، بنابراین نگهداری در شرایط خلاء و دمای یخچال یکی از روش‌های مناسب نگهداری طولانی مدت مغز گردو می باشد.

منابع

افکاری سیاح، ا.ح.، راسخ، م.، و طهماسبی، م. 1395. درجه‌بندی مغز گردو بر اساس اندازه و رنگ با استفاده از پردازش تصویر. فصلنامه فناوری-های نوین غذایی، سال 3 ، شماره 12، 46-35.

تاج‌الدین، ب. 1383. بررسی اثر پوشش‌های پلیمری در بسته‌بندی مغز گردو. فصلنامه علمی - پژوهشی پژوهش و سازندگی، جلد 17، شماره 1، 3-8.

حمیدی، ش.، یزدانی، ن.، رضایی، ک.، فرجی، ر. و وحدتی، ک. 1394. ارزیابی ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی و پایداری اکسایشی مغـز گـردو (*Juglan regia* L.) با رنگ‌های زرد، کهربایی و قهوه‌ای. مجله مهندسی بیوسیستم ایران، دوره 46، شماره 3، 285-275.

فاطمی، ح. 1395. شیمی مواد غذایی. شرکت سهامی انتشار، 480 صفحه.

Anon. 1997. United States Standards for Grades of Shelled Walnuts (*Juglans regia*). United States Department of Agriculture.Effective September 1, 1968(Reprinted- January 1997).

Anon. 2011. FAOSTAT, Food and Agriculture Organisation (FAO), Rome

Bakkalbaşi, E., Yilmaz, Ö.M., Yemiş, O., and Artik, N. 2013. Changes in the phenolic content and free radical-scavenging activity of vacuum packed walnut kernels during storage. *Food Science and Technology Research*, 19(1), 105-112.

Bradford, M.M.A.1976. Rapid and sensitive for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*, 72, 248-254.

Chen, Q., Li, L., and Wu, Y. 2004. Progress of research on the chemical components and pharmaceutical action of walnut kernel. *Journal of Anhui University Natural Sciences*, 29(1), 86-89.

Colaric, M., Veberic, R., Solar, A., Hudina, M., and Stampar, F. 2005. PHenolic acids, syringaldehyde, and juglone in fruits of different cultivars of Juglans regia L. *Journal.Agricultural. Food Chemistry*. 53, 6390–6396.

Christopoulos, M.V., and Tsantili, M.V. 2011. Effects of temperature and packaging atmosphere on total antioxidants and colour of walnut (*Juglans regia* L.) kernels during storage. *Scientia Horticulturae*, 49–57.

Christopoulos, M.V., Tsantili, E., Papageorgiou, V., Komaitis, M., and Rouskas, D. 2010. Effects of package atmosphere and temperature on phenolics, total antioxidant capacity and colour in kernels of 'Franquette' walnuts during 8-month storage. *Acta Horticulture*, 858, 75–81.

DuBois , M., Gilles, K. A., Hamilton, J. K., Rebers, P.A., and Smith, F. 1956. Colometric method for determination of sugars and related substances. *Analytical Cgemistry*, 28(3), 350-356.

Ghirardello, D., Contessa, C., Valentini, N., Zeppa, G., Rolle, L., Gerbi, V. and Botta, R. 2013. Effect of storage conditions on chemical and physical characteristics of hazelnut (*Corylus avellana* L.). *Postharvest Biology and Technology*, 81:37-43.

Horwitz, W., Senze, A., Reynolds, H., and Park, D.L. 1975. Official methods of analysis of the association of anaytica1 chemists. Washington: Associat Official Analytic Chemist.

Hosseini, H., Ghorbani, M., Sadeghi, A. R, and Maghsoudlou, Y., 2012. The effect of contact with the atmosphere and ambient temperature storage on the Oxidative Stability of Walnut. *Journal of Food Science and Technology of preceding studies*. 9: 358-348

Hotchkiss, J. H. 1988. Experimental approaches to determining the safety of food packaged in modified atmospheres. *Food Technology*, 42(9), 55-64.

Javanmard, M., 2017. Effect of modified atmosphere packaging and storage temperatures on quality of shelled raw walnuts. World Academy of Science, Engineering and Technology, *International Journal of Biological*, Biomolecular, Agricultural, Food and Biotechnological Engineering, 11(7), 510-514.

Jensen, P.N., Sørensen, G., Brockhoff, P., and Bertelsen, G. 2003. Investigation of packag-ing systems for shelled walnuts based on oxygen absorbers. *Journal of Agricultural and Food Chemistr*y, 51, 4941–4947.

Johnson, D.R., and Decker, E.A. 2015. The role of oxygen in lipid oxidation reactions: a review. *Annual review of food science and technology*, 6, 171-190.

Kacyn, L.J., Saguay, I., and Karel, M. 1983. Kinetics of oxidation of dehydrated food at low oxygen pressures. *Journal of Food Processing and Preservation*, 7(3), 161-178.

Kader, A.A., and Thompson, J.E. 2002. Postharvest handling systems: tree nuts. In: Kader, A. (Ed.), Postharvest Technology of Horticultural Crops. University of California, *Division of Agriculture and Natural Resources*, Oakland, pp. 399–406.

Manzocco, L., Calligaris, S., Mastrocola, D., Nicoli, M.C., and Lerici, C.R. 2000. Review of non-enzymatic browning and antioxidant capacity in processed foods. *Trends in Food Science and Technology*, 11, 340–346.

Mao, X., Hua, Y. and Chen, G., 2014. Amino acid composition, molecular weight distribution and gel electrophoresis of walnut (Juglans regia L.) proteins and protein fractionations. *International journal of molecular sciences*, 15(2), 2003-2014.

McGuire, R.G. 1992. Reporting of objective color measurements. HortScience, 27, 1254–1255.

Mexis, S.F., Badeka, A., Riganakos, K.A., Karakostas, K.X., and Kontominas, M. 2009. Effect of packaging and storage conditions on quality of shelled walnut. *Food Control* 20(8), 743-751.

Mitcham, E. J., Veltman, R. H., Feng, X., and Castro, E. 2004. Application of radio frequency treatments to control

insects in in-shell walnuts. *Postharvest Biology and Technology*, 33, 93–100.

Necla, C. 2003. Biochemical and physical properties of some walnut genotypes (*Juglans regia* L). *Nahrung/Food* 47No.1, pp. 28–32.

Penter, M.G., Bertling, I. & Sippel, A.D. 2014. August. Factors affecting shelf life of South African macadamias. In XXIX International Horticultural Congress on Horticulture: Sustaining Lives, *Livelihoods and Landscapes* (IHC2014): 1109, 11-16.

Piccirillo, P., Fasano, P., Mita, G., De Paolis, A. and Santino, A. 2004. November. Exploring the role of lipoxygenases on walnut quality and shelf-life. In V *International Walnut Symposium* 705: 543-545.

Raisi, M., Ghorbani, M., Mahoonak, A.S., Kashaninejad, M. & Hosseini, H. 2015. Effect of storage atmosphere and temperature on the oxidative stability of almond kernels during long term storage. *Journal of Stored Products Research*, 62, 16-21.

Savage, G. P. and McNeil, D. L. 2001. Oxidative stability of walnuts during long term in shell storage. *Acta Horticulture*, 544, 591-597.

Shui, G., and Leong, L.P. 2002. Separation and determination of organic acids and phenolic compounds in fruit juices and drinks by highperformance liquid chromatography, *Journal Chromatography* A, 977(1), 89-96.

Talcott, S.T., Duncan, C.E., Pozo-Insfran, D.D., and Gorbet, D.W. 2005. Polyphenolic and antioxidant changes during storage of normal, mid, and high oleicacid peanuts. *Food Chemistry*, 89, 77–84.

Young, C. K., and Cunningham, S. 1991. Exploring the partnership of almonds with cereal foods. *Cereal Foods World*, 36(5), 412-418.

Vanhanen, L. P., and Savage, G. P. 2006. The use of peroxide value as a measure of quality for walnut flour stored at five different temperatures using three different types of packaging. *Food Chemistry*, 99(1), 64-69.

Vasudevan, S.N., Shakuntala, N.M., Teli, S., Goud, S., and Gowda, B. 2014. Studies on effect of modified atmospheric storage condition on storability of groundnut (*Arachis hypogaea* L.) seed kernels. *International Journal of Research* Studies in Biosciences, 2(2), 25-36.

Wang, S., Monzon, M., Johnson, J.A., Mitcham, E. J., and Tang, J. 2007. Industrial-scale radio frequency treatments for insect control in walnuts.II: heating uniformity and energy efficiency. *Postharvest Biology and Technology*, 45, 240–246.

Zhi, H.B., and Han, Y.S. 2006. Study on Inhibiting of Walnut Rancidity. *Packaging Engineering*, 5, p.009.

Sze-Tao, K.W.C., and Sathe, S.K. 2000. Walnuts (*Juglans regia* L): proximate composition, protein solubility, protein amino acid composition and protein in vitro digestibility. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80, 1393–1401.

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 14, No. 5, Dec- Jan 2019, p. 699-713

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد 14، شماره 5، آذر- دی 1397، ص. 713-699

The effect of packaging method on the physical, chemical, and organoleptic characteristics of walnut kernel during its storage

S. Rastegar[1], A. Shojaee[2], B. Tajeddin[3*]

Received: 2017.11.18
Accepted: 2018.06.24

Introduction: Persian walnut (*Juglans regia*) from Juglandaceae family is one of the most important fruits in the world that has an important role in human health. It contains a notable list of plant nutrients that has been found to have disease preventing and health promoting properties. Walnut is a source of bioactive compounds such as phenolic and flavonoid complexes where they act as antioxidants and free radical scavengers. It also contains pleasant flavor and high concentration of minerals and fatty acids. Extending shelf-life of this perishable fruit has been accomplished due to its high oil level and oxidation of oil (Tajeddin, 2004). Rate of loss in walnut kernel quality and quantity between harvest and consumption affects its productivity. Control of temperature is the most effective tool for extending the shelf life of fresh horticultural products. However, to reduce high losses and keeping product's quality, packaging method is very important as well as low temperature. Therefore, in this study, the effect of temperature (4 and 25 °C) and packaging methods (vacuum and air packaging) on the changes of walnut kernel compounds was evaluated to improve quality of its storability during six month cold storage.

Materials and methods: Walnut harvested from a commercial garden at the mountain regional of Raber, Kerman province. All chemical materials for different tests obtained from Merck Company, Germany. Immediately after walnuts harvesting, they were dehulled and dried in expose of sun shade with the circulation of natural air. The walnuts were then transferred to the laboratory and their wooden shells were removed. Subsequently, about 25 g of walnut kernel was packaged in the polyethylene films with 87μm (0.087 mm) thickness, under a vacuum machine and stored at 4°C and 25°C to be later assessed for further analyses intended for six months. Phenol, flavonoid, carbohydrate, protein, water percent, color parameters (C, h, WI), organoleptic characteristics, and peroxide value of kernels were measured every month during storage time. The control samples of packaged walnuts under environmental conditions were also stored. The current study carried out as a factorial assay on the basis of a completely randomized design with three replications at Hormozgan University. Data were subjected to ANOVA using SAS software version 9.4. Verification of significant differences was done using Duncan's Test at 1% probability level.

Results and discussion: Results showed that carbohydrate and proteins decreased during storage time. Both of vacuum package and low temperature contorted the reduction of different characteristics of kernel such as bioactive compounds during storage significantly. Sensory properties were also reduced during storage, especially at the end of period, in all conditions except for treatment at 4°C and vacuum packing. Control samples (temperature 25°C and air-containing packags) during the experiment showed a lower quality for all factors. Samples that stored in low temperature and vacuum package had better brightness (higher chroma, Hugh, lightness (L) and white index values (Wi)) than other treatments. The treatments had a significant role in the preventing of increasing peroxide value. The peroxide value in treated samples was increased from 0.023 to 0.68 meq/g, while in vacuum packages it was changed from 0.023 to 0.37 meq/g. Increasing of peroxide value was observed from 0.023 to 0.68 and from 0.023 to 0.25 meq/g in room temperature and cold temperature, respectively. After six months, the average peroxide value in all samples was less than one milliequivalent per

1. Assistant professor, Horticulture Group, Agriculture and Natural Resources College, Hormozgan University, Bandar Abbas, Iran.
2. Postgraduate of Horticulture, Agriculture and Natural Resources College, Hormozgan University, Bandar abbas, Iran.
3. Associate professor in Packaging Engineering, Agricultural Engineering Research Institute (AERI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
(* Correspounding athour: b.tajeddin@areeo.ac.ir ; behjat.tajeddin@yahoo.com)

oil kilogram. Decreasing of phenolic compounds (30%) and flavonoids (35%) and increasing the peroxide index simultaneously led to the reduction of the appearance and organoleptic properties of the control samples. Generally, vacuum package and low temperature condition that using in this study showed the best effect on the nutritional compounds quality of walnut kernel such as bioactive components during six months storage. Shelf life enhancement of walnut by vacuum packaging in the different polymers has been already reported by Tajeddin, 2004.

Keywords: Bioactive compounds, oxidation, Packaging, Peroxide value, Walnut